

Л.М. УЛЬЄВ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;

М.Г. САМОЙЛЕНКО, студентка, НТУ «ХПИ»

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ НАФТИ В НАСОСНО-КОМПРЕСОРНІЙ ТРУБІ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Нафта, при її добутку, змінює свою температуру при потоці в свердловині від температури пласта залягання до температури ґрунту на поверхні землі. При зниженні температури потоку в насосно-компресорній трубі (НКТ) до величини близько 28 °С відбувається парафінізація, що веде до заростання каналу парафінами. В роботі пропонується метод локального обігріву НКТ. Вирішена задача теплообміну потоку нафти з навколишнім ґрунтом що дозволило визначити глибину на якій відбувається парафінізація НКТ.

Ключові слова: нафта, насосно-компресорна труба, теплообмін, свердловина, потік, парафінізація, середньомасова температура нафти.

Вступ. Енергозбереження є головним чинником підвищення енергоефективності, в теоретичному аспекті поняття енергоефективності є дещо ширшим. Воно включає також заходи, які не дають прямої економії енергоресурсів, проте впливають в цілому на енергоефективність [1].

Витрати енергії при добутку нафти – доволі значні, тому розгляд методів її заощадження є доцільним. Нафта, що добувається з свердловини, має складний та неоднорідний склад. Органічні з'єднання, які входять до складу нафти, визначають її основні реологічні властивості і є причиною серйозних технологічних ускладнень, зв'язаних з добутком і транспортом нафти [1].

Аналіз останніх досліджень та літератури. Якщо розглядати рух нафти у свердловинах від забою до виходу, при її добутку, то цей процес супроводжується зміною термодинамічних властивостей, а саме, значним зниженням температури. При добутку високов'язких та парафіністичних видів нафти зниження температури викликає ряд значних труднощів, так як значно збільшується в'язкість та зменшується текучість нафти, особливо тих, що мають неньютонівські властивості. При експлуатації

родовищ з високим вмістом парафіну у нафті в свердловині, коли температура в ній становиться нижче, чим температура кристалізації парафінів, на стінках насосно-компресорних труб (НКТ), по яким рухається нафта, формуються асфальто-смолопарафінові відкладення, ріст яких призводить до зменшення поперечного перерізу НКТ і, як наслідок, до різкого зниження дебіту свердловин чи їх закупорення [2].

Мета досліджень, постановка задачі. Для того щоб розробити енергоефективний та економічно вигідний метод нагріву нафти, що рухається в НКТ, ми маємо спочатку дослідити її теплообмін з навколишнім ґрунтом від початку забору нафти з свердловини до її виходу з неї.

Матеріали та результати досліджень. Для вирішення цієї задачі схематично зобразимо поперечний переріз свердловини для добутку нафти (рис.1), де t – середньомасова температура нафти, що рухається в НКТ, [°C]; t_1 – температура на внутрішній стінці НКТ, [°C]; t_2 – температура на зовнішній стінці НКТ, [°C]; t_3 – температура на внутрішній стінці обсадної труби, [°C]; t_4 – температура на зовнішній стінці обсадної труби, [°C]; r_1 – внутрішній радіус НКТ, [м]; r_2 – зовнішній радіус НКТ, [м]; r_3 – внутрішній радіус обсадної труби, [м]; r_4 – зовнішній радіус обсадної труби, [м]; λ_1 – коефіцієнт теплопровідності НКТ, [Дж/м·с]; λ_2 – коефіцієнт теплопровідності в міжтрубному просторі, [Дж/м·с]; λ_3 – коефіцієнт теплопровідності обсадної труби, [Дж/м·с].

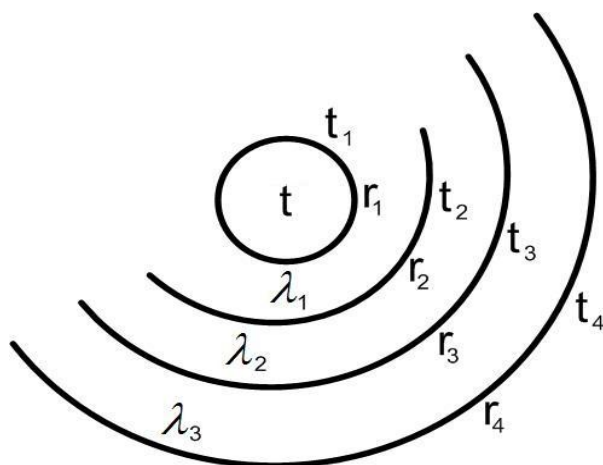


Рис. 1. Поперечний переріз свердловини для добутку нафти

Нехтуючи поширенням теплоти вздовж стінки НКТ, отримаємо рівняння яке описує розподіл температури у стінці НКТ:

$$\frac{d}{dr} \left(r \frac{dt}{dr} \right) = 0 \quad (1)$$

В даному випадку ми нехтуємо тепловим опором сталльної оболонки обсадної труби, так як сталь має високу температуропровідність, а товщиною даної оболонки можна знехтувати.

Приведемо граничні умови для температури на границях шарів стінки. Приймаємо, що на внутрішній границі стінки виконуються ньютонівські умови теплообміну, на границях між шарами виконуються умови спряження, а на зовнішній границі умови першого роду:

$$\alpha(t_1 - \bar{t}) = \lambda_1 \frac{dt}{dr}, t = t_1, r = r_1; \quad (2); \quad \lambda_1 \frac{dt}{dr} = \lambda_2 \frac{dt}{dr}, t = t_2, r = r_2; \quad (3)$$

$$\lambda_2 \frac{dt}{dr} = \lambda_3 \frac{dt}{dr}, t = t_3, r = r_3; \quad (4); \quad t = t_4, r = r_4; \quad (5),$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі, [Вт/м²·с].

Двічі інтегруючи рівняння теплопереносу (1) по радіусу отримуємо:

$$r \frac{\partial t}{\partial r} + C = 0, \quad (6), \quad t = C' \ln r + C'' \quad (7),$$

де C' та C'' – довільна постійна інтегрування.

Підставляючи (6) та (7) в граничні умови, отримуємо систему рівнянь для визначення довільних постійних інтегрування:

$$C_1 \ln r_2 + C_2 = C_3 \ln r_2 + C_4; \quad (8); \quad C_3 \ln r_3 + C_4 = C_5 \ln r_3 + C_6; \quad (9);$$

$$\alpha(t_1 - \bar{t}) = \lambda_1 \frac{C_1}{r_1}; \quad (10); \quad \lambda_1 \frac{C_1}{r_2} = \lambda_2 \frac{C_3}{r_2}; \quad (11);$$

$$\lambda_2 \frac{C_3}{r_3} = \lambda_3 \frac{C_5}{r_3}; \quad (12); \quad C_5 \ln r_4 + C_6 = t_4; \quad (13); \quad t_1 = C_1 \ln r_1 + C_2. \quad (14).$$

Після знаходження довільних постійних інтегрування густина теплового потоку на границі стінки зі сторони нафти, що визначається по закону Ньютона, з урахуванням структури свердловини має вигляд:

$$\alpha(t_1 - \bar{t}) = \frac{(t_1 - t_4) \lambda_1}{r_1 \left\{ \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \ln \frac{r_2}{r_3} + \frac{\lambda_1}{\lambda_3} \ln \frac{r_3}{r_4} + \ln \frac{r_1}{r_2} \right\}}. \quad (15)$$

Для зручності подальших розрахунків введемо нову змінну B , що характеризує теплопередачу в свердловині, з урахуванням її структури:

$$B = \frac{\lambda_1}{r_1 \left\{ \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \ln \frac{r_2}{r_3} + \frac{\lambda_1}{\lambda_3} \ln \frac{r_3}{r_4} + \ln \frac{r_1}{r_2} \right\}}. \quad (16)$$

Виходячи з визначення густини теплового потоку знаходимо температуру на внутрішній стінці НКТ:

$$t_1 = \frac{\alpha}{\alpha - B} \bar{t} - \frac{B}{\alpha - B} t_4. \quad (17)$$

Лінійну густину потоку чи тепловий потік через одиницю довжини труб, що вимірюється в [Вт/м], при стаціонарному режимі $Q(x)$ можна представити в наступних співвідношеннях:

$$Q(x) = 2\pi r_4 K(t_4 - \bar{t}) = 2\pi r_1 \alpha(t_1 - \bar{t}), \quad (18)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі від рідини, що рухається в трубі, до навколишнього середовища, [Вт/м²·К].

Враховуючи рівність даних рівнянь ми можемо розрахувати тільки одне з них. Спираючись на знайдені раніше значення, тобто відомий нам коефіцієнт тепловіддачі та температури, розрахунок будемо вести по правій частині попередньої рівності, відповідно, підставляючи значення температури на внутрішній стінці НКТ, маємо:

$$Q(x) = \frac{2\pi r_1 \alpha B}{\alpha - B} (\bar{t} - t_4). \quad (19)$$

Зміна внутрішньої теплової енергії нафти, що тече по НКТ, на елементарній ділянці dx можна представити в виді:

$$dQ = \pi r_1^2 \bar{V} c_p \rho \left[(\bar{t} + dt) - \pi r_1^2 \bar{V} c_p \rho \bar{t} \right], \quad (20)$$

де $\bar{V} = \frac{W}{S}$ – середня швидкість нафти, [м/с];

W – масова витрата, [кг/с];

$S = \pi r_1^2$ – площа поперечного перерізу НКТ, [м²];

c_p – питома теплоємність нафти, [Дж/кг·с]; ρ – густина нафти, [кг/м³].

Зміна внутрішньої теплової енергії нафти, що тече в НКТ, в даному випадку відбувається за рахунок теплообміну з навколишнім середовищем. Вона визначається тепловою енергією з ділянки труби, що дорівнює елементарній довжині dx :

$$dQ = 2\pi r_1 \alpha (t_1 - \bar{t}). \quad (21)$$

Прирівнюючи ці значення отримуємо:

$$\pi r_1^2 \bar{V} c_p \rho \frac{d\bar{t}}{dx} = 2\pi r_1 \alpha (t_1 - \bar{t}). \quad (22)$$

Приймаючи за початкове значення середньомасову температуру нафти, рівній температурі ґрунту на глибині відбору нафти, запишемо початкові умови для цього рівняння:

$$t = t_0, \quad x = 0,$$

де $x = h_{nl} - h$ – поточна координата, h – відстань до поверхні, [м];

h_{nl} – глибина пласта залягання нафти, [м].

Підставляючи у попереднє рівняння значення температури на внутрішній стінці НКТ, отримуємо звичайне диференціальне рівняння для визначення середньомасової температури нафти в НКТ:

$$\frac{d\bar{t}}{dx} = \frac{2\alpha B}{(\alpha - B)r_1 \bar{V} c_p \rho} (\bar{t} - t_4). \quad (23)$$

Припускаємо, що температура ґрунту лінійно залежить на ділянці від температури поверхні землі до температури пласта залягання нафти:

$$t_4 = t_0 - bx \quad (24)$$

де $b = \frac{t_0 - t_{нов}}{h_{nl}}$, t_0 – температура ґрунту на глибині відбору нафти, [°C];

$t_{нов}$ – температура поверхні ґрунту, [°C].

Підставляючи рівняння температури ґрунту у вираз для визначення середньомасової температури нафти в НКТ, отримуємо неоднорідне звичайне лінійне диференціальне рівняння першого порядку:

$$\frac{d\bar{t}}{dx} = \frac{2}{r_1 \bar{V} c_p \rho} \frac{\alpha B}{(\alpha - B)} (\bar{t} - t_0 - bx). \quad (25)$$

Початкові умови рівняння: $x=0$, $\bar{t}=t_z$ (t_z – температура нафти на глибині її забору). Вирішуємо це рівняння за допомогою варіації довільної постійної, після чого отримуємо значення середньомасової температури нафти по всій довжині НКТ:

$$\bar{t} = t_0 - bx + \frac{br_1 \bar{V} c_p \rho (\alpha - B)}{2\alpha B} \left(\frac{2\alpha Bx}{r_1 \bar{V} c_p \rho (\alpha - B)} - 1 \right) + (t_z - t_0) \exp\left(\frac{2\alpha Bx}{r_1 \bar{V} c_p \rho (\alpha - B)} \right). \quad (26)$$

Тепер побудуємо графік розподілу середньомасової температури нафти по всій довжині НКТ та розподіл температури в ґрунті (рис.2), де 1 – розподіл середньомасової температури потоку нафти в початковій ділянці обсадної труби, а потім і в НКТ; 2 – розподіл температури в ґрунті;

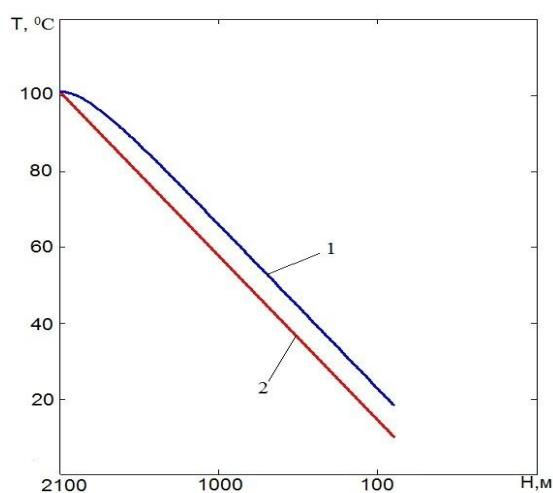


Рис. 2. Розподіл температури вздовж глибини свердловини.

Висновки. У результаті проведеного дослідження була побудована математична модель теплообміну нафти, що тече по НКТ, з навколишнім середовищем. У майбутньому дані результати послугують основою для розробки енергоефективного та економічно вигідного методу підігріву нафти у свердловині, задля недопущення запарафінювання поперечного перерізу НКТ.

Список літератури: 1. Жовтянський В.А. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2 томах: Загальні засади енергозбереження / Ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т.1. – 510 с. 2. Товажнянський Л.Л. Энергоэффективное решение проблемы добычи высоковязкой нефти организацией направленных тепловых потоков / Л.Л. Товажнянский, В.М. Светлицкий, В.Е. Ведь, Л.М. Ульев, А.Б. Хоружевский. // Интегрированные технологии та энергосбережения. 2007, – № 2. с. 13–18.

Надійшла до редколегії 05.11.2013

УДК 622.276.6

Моделирование теплообмена нефти в насосно-компрессорной трубе с навколишнім середовищем / Л.М. Ульєв, М.Г. Самойленко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП» – 2013. – № 55 (1028). – С. 98 – 104. Бібліогр.: 2 назв.

Нефть, при ее добыче, меняет свою температуру при течении в скважине от температуры пласта залегания до температуры грунта на поверхности земли. При снижении температуры потока в насосно-компрессорной трубе (НКТ) до величины около 28 °С происходит парафинизация, что ведет к зарастанию канала парафинами. В работе предлагается метод локального обогрева НКТ. Решена задача теплообмена потока нефти с окружающим грунтом, что позволило определить глубину на которой происходит парафинизации НКТ.

Ключевые слова: нефть, насосно-компрессорная труба, теплообмен, скважина, поток, парафинизация, среднemasсовая температура нефти.

The oil, changes its temperature with flow in the lifting pipe from oil bed to temperature of the ground surface. deposition paraffins is digining when the temperature is became about 28 °C and this leds to overgrowing of the chanel. The heat exchange of oil stream with ground is solved in paper and this allowed the depth of deposition paraffins in lifting pipe.

Keywords : oil, lifting pipe, heat, well, stream, paraffins, temperature.

УДК 664.3

Т.В. АРУТЮНЯН, ст. викладач, НТУ «ХП»;

Ф.Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХП»;

Л.А. ДАНИЛОВА, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХП»

ЗМІНИ ЛІПІДНОГО СКЛАДУ ПШЕНИЦІ ТА СУПУТНІХ РЕЧОВИН ПРИ ПРОРОЩУВАННІ

Наведено дані щодо розробки технології пророщування зерен пшениці і вмісту ліпідів. Досліджено зміну кислотних і йодних чисел під час пророщування. Визначено залежність вмісту каротиноїдів від часу пророщування і встановлена залежність вмісту вітаміну Е в процесі пророщування зерен пшениці.

Ключові слова: технологія пророщування пшениці, кислотне число, йодне число, каротиноїди, вітамін Е.

Вступ. На даний час у харчуванні людини відсутні деякі речовини, які необхідно вносити додатково в харчові продукти. У більшості країн Європи продукція олієжирової галузі підлягає обов'язковому збагаченню вітамінами А, Е і D. Введення суміші натуральних токоферолів в емуль-

© Т.В. Арутюнян, Ф.Ф. Гладкий, Л.А. Данилова. 2013

сійні жирові продукти робить їх додатковим джерелом вітаміна Е, а також подовжує термін зберігання цих продуктів [1]. Поповнення раціону харчування цими речовинами може забезпечуватися завдяки злаковим культурам. Використання різноманітних рослинних комплексів, які є джерелом білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин – об'єкт дослідження науковців. В останні роки активно ведуться розробки щодо підбору та впровадженню антиоксидантів природного походження, які діють на організм людини м'якше, ніж синтезовані антиоксиданти. Продукти переробки злаків найбільш розповсюджене джерело вуглеводів, а у пророщеному виді зернові – це джерело простих цукрів, жирних кислот, амінокислот, вітамінів, мінеральних сполук.

При пророщуванні пшениці кількість вітамінів Е і групи А в зерні збільшується у декілька разів. Вітамін Е, що володіє потужними імуностимулюючими і омолоджуючими властивостями, благотворно впливає і на роботу органів статеві сфери. Вітаміни групи В, необхідні для злагодженої роботи нервової системи, серця, м'язів і мозку, нормалізують процес кровотворення, роботу щитовидної залози, сприяють зниженню рівня холестерину, а також покращують стан шкіри, нігтів і волосся. Крім того, в хімічному складі пророщеної пшениці (на відміну від непророщеної) вже присутній природний імуномодулятор, – вітамін С, який блокує негативний вплив речовин, що перешкоджають засвоєнню організмом заліза, цинку, магнію, кальцію.

В процесі пророщування в зерні пшениці активізуються особливі ферменти – ензими. З їх допомогою живильні речовини пшеничного зерна розщеплюються, утворюючи в оптимальному співвідношенні нові, найефективніше і легко засвоювані людським організмом, сполуки.

Аналіз останніх досліджень та літератури. В процесі пророщення зерна відбувається ряд біохімічних процесів. Основним з них є інтенсивний гідроліз високомолекулярних сполук, які відкладені в ендоспермі, що викликає їх перехід в розчинний стан. В цьому стані речовини краще доступні для подачі до паростка, що розвивається. Поряд з цим, сильно зростає інтенсивність газообміну зерна [2]. Всі ці процеси відбуваються лише при активізації ферментних систем зерна. Отож, однією з найхарактерніших особливостей солоду є підвищена активність усіх гідролаз та оксиредуктаз. Часто це виявляється ще до появи зовнішніх ознак проро-

щення. Основні зміни в хімічному складі зерна наступні: збільшення суми низькомолекулярних речовин, що розчинні у воді; різке підвищення вмісту відновлюючих цукрів; поступове зниження кількості білкового азоту при відповідному підвищенні вмісту небілкових азотистих сполук та ін. [2]. Пророщена пшениця містить цілий спектр поживних речовин (білків, ліпідів, вуглеводнів), біологічно активних речовин (ферментів, вітамінів, мінеральних речовин). Ліпіди – речовини, які відіграють важливу роль у фізіолого-біохімічних процесах. Вони є важливим джерелом енергії. У жирах міститься велика група супутніх речовин – жиророзчинних вітамінів (А, D, Е, К). До складу жирів злакових здебільшого входять ненасичені високомолекулярні жирні кислоти. Вітаміни, як і ферменти, виконують функції регуляторів обміну речовин в організмі. Вони входять активною частиною до складу ферментів. Зернові містять багато важливих вітамінів: тіамін (В), рибофлавін (В2), ніацин (РР), піридоксин (В6), токофероли (Е), пантотенову кислоту та ін. Пігменти складають групу речовин, які відповідають за фарбування. Вони беруть участь в обміні речовин рослин. Найбільше значення мають каротиноїди. Вони фарбують рослини або їх частини в жовтий і оранжевий колір. Хлорофіл, що надає рослинам зелене забарвлення – бере участь в найважливішому процесі асиміляції діоксиду вуглецю – фотосинтезі [2].

Вміст ліпідів у зернах злакових є предметом чисельних досліджень. За вмістом ліпідів основні зернові культури можна розташувати в наступному порядку: овес, кукурудза, сорго, просо, гречка, рис, пшениця, жито. Дані про вміст ліпідів у зернових культурах представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Вміст ліпідів у зерні основних зернових культур (за Нечаєвим)

Культура	Вміст, %			
	вільних	зв'язаних	міцнозв'язаних	сума ліпідів
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
пшениця	1,85	0,49	0,35	2,69
жито	1,68	0,57	0,31	2,54
кукурудза	4,78	0,34	0,30	2,64
рис	2,34	0,23	0,26	2,94
овес	5,7	0,43	0,31	7,18
просо	4,05	0,15	0,39	4,54
гречка	2,56	0,89	0,18	3,75
сорго	4,20	0,43	-	-

У зернах ліпіди розподілені нерівномірно. Найбільша їхня кількість (у відсотковому співвідношенні) утримується в зародку зерна, найменше – в ендоспермі. Дані по пшениці приведені в табл. 2.

Таблиця 2. Вміст ліпідів у різних анатомічних частинах пшениці, % на суху речовину

Культура	Частини зерна		
	зародок	ендосперм	інша частина
пшениця	8–15	1,0–2,0	6,0

Склад ліпідів зерен пшениці відрізняється великою складністю. Груповий (фракційний) склад вільних і зв'язаних ліпідів представлений у табл. 3.

Таблиця 3. Фракційний склад вільних і зв'язаних ліпідів зерна пшениці (за Новиковою, Нечаєвим та ін.)

Фракції ліпідів	Вміст окремих фракцій, % від суми	
	вільних	зв'язаних
Полярні ліпіди + моногліцериди	6,2	29,9
Неідентифіковані	2,7	4,3
Хлорофіли + неідентифіковані	2,0	2,4
Дігліцериди	3,0	2,9
Стерини	2,7	3,8
Каротинон	1,2	2,9
Вільні жирні кислоти	5,1	10,5
Тригліцериди	70,3	37,3
Ефіри стеринів, воски, вуглеці	6,8	6,0

Жирнокислотний склад ліпідів пшениці наведений у табл.4.

Таблиця 4. Жирнокислотний склад ліпідів пшениці, % (за Нечаєвим)

Культура	Кількість кислот		Ідентифіковані кислоти
	насичених	ненасичених	
Пшениця	7	6	C _{13:0} , C _{14:0} , C _{15:0} , C _{16:0} , C _{16:1} , C _{16:2} , C _{17:0} , C _{17:1} , C _{18:0} , C _{18:1} , C _{18:2} , C _{18:3} , C _{20:0} ,

Мета досліджень, постановка проблеми. Метою цієї роботи є встановлення: зміни кислотних та йодних чисел під час пророщування пше-

ниці, залежності вмісту каротиноїдів та вітаміну Е від часу пророщення пшениці.

Матеріали досліджень. Для пророщення пшениці було обрано стандартну методику пророщення злаків за холодним режимом у рослинних ящиках. Виділення ліпідів із зерен пшениці проводилось за допомогою методу Сокслета з використанням органічних розчинників. Кислотні та йодні числа визначались за стандартними методиками. Масову частку каротиноїдів та вміст вітаміну Е визначали шляхом вимірювання оптичної щільності розчину ліпідів на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі 465 нм та 490 нм відповідно.

Експериментальна частина. Технологія підготовки зразків для дослідження та замочування пшениці.

Замочена пшениця повинна мати ступінь замочування 43–45 % в залежності від якості пшениці і прийнятого способу рощення. Для пшениці краще всього підходить водно-повітряний спосіб замочування, при якому періоди короткого мокрого замочування в продовж 2–4 годин чередуються з повітряними паузами тривалістю 19–20 годин.

Перед замочуванням пшеницю промивають водою. Досягнення необхідного ступеня замочування (43–45 %) оцінюють за наступними ознаками: зерно повинно бути еластичним, легко згинатися пальцями, при зрізі в середині зерна повинна залишатися маленька ділянка нерозчиненою крохмалю (біла крапка). Пророщування пшениці бажано проводити за холодним режимом, при температурі не більше ніж 16 °С. Переважно, пророщення зерен пшениці проводять в рослинних ящиках або барабанах. В лабораторії пророщення ведуть ящичним методом, при температурі 13 °С – 16 °С. Тривалість пророщення зерна в лабораторії склала 7 діб від початку замочування.

Основні вимоги при сушінні пророщених злаків пшениці – забезпечення поступового підйому температури і відповідного зниження вологості солоду. Технологічні режими сушки залежать від типу сушилки. Тому, для кожної сушилки повинен складатися графік ведення процесу сушки, в якому зазначається температура, яка заміряється по зонам сушилки, періодичність ворущіння та інші показники процесу. Визначення вмісту ліпідів в зернах пшениці базується на розчинності їх в органічних низькокиплячих розчинниках.

В якості розчинника для екстрагування суміші ліпідів пшеничної сировини використана суміш хлороформу, етанолу і води. Для екстракції ліпідів застосована методика з використанням апарату Сокслета, у якому екстракція здійснювалась шляхом зрошення подрібненої пшениці конденсатом розчинника, тобто розчинник мав кімнатну температуру.

У виділених ліпідах визначені кислотні та йодні числа. Дані щодо змін кислотних чисел в процесі пророщування приведені в табл. 5.

Таблиця 5. Зміна кислотних чисел в процесі пророщування пшениці

Назва показника	Дні пророщування							
	Вихідна проба	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
Кислотне число, мг КОН/г	7,78	18,48	23,88	29,73	33,37	30,37	36,58	43

Дані по зміні йодних чисел в процесі пророщування наведені в табл. 6.

Таблиця 6 – Зміна йодних чисел в процесі пророщування пшениці

Назва показника	Дні пророщування							
	Вихідна проба	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
Йодне число, г I ₂	135	130	128	126	125,7	125	124,7	123,7

Визначення масової частки каротиноїдів та вітаміну Е.

При проростанні зерна, вміст вітаміну Е швидко збільшується. При цьому відбувається взаємоперетворення одних форм вітаміну Е в інші. Токоферолі присутні в зернах злакових культур як у вільному, так і зв'язаному виді. У залежності від співвідношення форм токоферолів в оліях варто очікувати прояву або Е-вітамінних, або антиоксидантних властивостей. Проведені раніше дослідження [3] показали, що у процесі пророщення злаків відбуваються зміни вмісту каротиноїдів та вітаміну Е в залежності від діб пророщування. Одержані експериментальні дані свідчать про те, що вміст каротиноїдів наприкінці терміну пророщення значно зростає порівняно з вихідною пробєю. Щодо вмісту вітаміну Е – його вміст зростає на четверту добу, а потім починає зменшуватися.

Ліпіди пшениці довгий час вважали самими багатими токоферолами, однак недавні дослідження показали, що вони займають тільки третє місце, уступаючи в цьому відношенні ліпідам жита і гречки.

Визначення вмісту каротиноїдів в процесі пророщування. Каротиноїди – рослинні пігменти, супутні жирам речовини, зумовлює жовто-коричневе забарвлення органів рослин. Масову частку каротиноїдів визначають шляхом вимірювання оптичної щільності розчину ліпідів на ФЕК. Вимірювання ведеться в кюветах з товщиною шару 1 см при довжині хвилі 465 нм. В якості контрольного розчину використовують розчинник [4]. Вміст β -каротину в % (X) визначається за формулою:

$$X = \frac{D \cdot K \cdot m_e}{m_z} \cdot 100, \quad (1)$$

де D – оптична щільність розчину ліпідів;

K – коефіцієнт з рівняння калібрувальної прямої для β -каротину.

K = 0,0044; m_e – маса екстракту ліпідів; m_z – маса зерна;

Вміст β -каротину в ліпідах зерна, в % визначають за формулою:

$$X' = \frac{100 \cdot X}{a}, \quad (2)$$

де a – масова частка ліпідів в зерні.

Дані по зміні масової частки каротиноїдів в процесі пророщування приведені в табл. 7.

Таблиця 7. Зміна масової частки каротиноїдів в процесі пророщування пшениці

Назва показника	Дні пророщування							
	Вихідна проба	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
Вміст β -каротину, у зерні, %	0,17	0,29	0,36	0,47	0,56	0,42	0,61	0,62
Вміст β -каротину, в ліпідах, %	8,43	14,38	17,85	23,3	27,76	26,82	30,24	30,74

Визначення вітаміну Е в зернах пшениці

Для визначення вітаміну Е використовують наступну методику. Готують спиртовий розчин КОН концентрацією 2 моль/дм³. Для цього в

стакан зважують 5,6 г КОН, розчиняють його у невеликій кількості води та переносять в мірну колбу. Доводять до мітки спиртом. У зважену колбу беруть по 20 мл розчинів і їх знову зважують, потім додають по 0,2 г аскорбінової кислоти і 30 мл свіжоприготовленого спиртового розчину КОН. Суміш нагрівають протягом 15 хв, потім охолоджують і переносять у ділильну лійку у кількості 100 мл. Неомилені речовини екстрагують етиловим ефіром. Об'єднаний ефірний екстракт промивають дистильованою водою до нейтральної реакції промивних вод за фенолфталеїном. Промиту ефірну витяжку переносять в колбу, висушують безводним сірчанокислим натрієм. Для цього колбу поміщають на 30 хв у темне місце. Після цього ефірну витяжку фільтрують крізь паперовий фільтр. Ефір відганяють на киплячій водяній бані під вакуумом. Залишок ефіру розчиняють у бензолі в мірній колбі на 25 мл. Токофероли з айсорбентом змивають бензолом. Елюати збирають і відганяють. До залишку доливають етиловий спирт і отриманий розчин доводять до мітки в мірній колбі на 50 мл. Розчин освітляють шляхом центрифугування [5].

Колориметрування. До отриманих розчинів 1–2 мл доливають по 1 мл 0,5 % розчину ортофенантраліна і по 1 мл 0,2 % розчину хлорного заліза. Об'єм доводять до мітки етиловим спиртом у колбі на 25 мл і через 10 хв вимірюють інтенсивність фарбування при довжині хвилі $\lambda=490$ нм. Одночасно ставлять контроль. Розчини колориметрують на фотоелектроколориметрі.

Вміст вітаміну Е в % визначається за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 25 \cdot 50 \cdot 100}{V_3 \cdot m}, \quad (3)$$

де a – показник, знайдений з калібрувальної кривої;

25 – об'єм, потрібний для проведення реакції;

50 – об'єм, до якого доводять після адсорбції;

V_3 – об'єм, потрібний для дослідження;

m – наважка жиру, взята на дослідження;

Дані щодо зміни вітаміну Е в зернах пшениці в процесі пророщування приведені в табл. 8.

Таблиця 8. Зміна вітаміну Е в зернах пшениці в процесі пророщування

Назва показника	Дні пророщування					
	Вихідна проба	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день
Вітамін Е, % на 100 г зерна	30,1	56,2	76,8	49,2	40,2	39,1

Висновки. У ході дослідження встановлено зміну кислотних та йодних чисел під час пророщування, залежність вмісту каротиноїдів від часу пророщення зерен пшениці, також встановлено залежність вмісту вітаміну Е в зернах пшениці в процесі пророщення, дані рекомендації щодо можливості використання пророщеної пшениці для отримання стабілізатору водно-жирових емульсій майонезу і маргарину.

Список літератури: 1. Шмидт А.А. Производство майонеза / А.А. Шмидт, З.А. Дудина, И.Б. Чекмарева. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 66 с. 2. Мальцев П.М. Технология солода и пива: специальный курс / П.М. Мальцев. – М.: Пищевая промышленность, 1964, – 860 с. 3. Тютюников Б.Н. Химия жиров / Б.Н. Тютюников / Пищевая промышленность, М. 1996. – 632 с. 4. Данилова Л.А. Вплив процесу пророщування на вміст фізіологічно активних сполук в зернах злаків / Л.А. Данилова, В.А. Домарецький, Т.В. Арутюнян. НТУ «ХП», Вісник №13, 2006 – с.71–76. 5. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др. – Л.: Агропромиздат, 1987, – 430с.

Надійшла до редколегії 30.09.13

УДК 664.3

Зміни ліпідного складу пшениці та супутніх речовин при пророщуванні / Т.В. Арутюнян, Ф.Ф. Гладкий, Л.А. Данилова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». – № 55 (1028). С. 104–112. Библиогр.: 5 назв.

Приведены данные по разработке технологии проращивания зерен пшеницы и содержания липидов. Исследовано изменение кислотных и йодных чисел при проращивания. Определена зависимость содержания каротиноидов от времени проращивания и установлена зависимость содержания витамина Е в процессе проращивания зерен пшеницы.

Ключевые слова: технология проращивания пшеницы, кислотное число, йодное число, каротиноиды, витамин Е.

The data on the development of technology for the wheat grains germination and lipid content. The changes in the acid and iodine numbers in germination are studied. The dependence of the carotenoid content of the germination time and the dependence of vitamin E in the process of wheat grains germination.

Keywords: technology of wheat germination, acid value, iodine value, carotenoids, vitamin E.